

МОМЕНТ ПОСТРІЛУ З ПНЕВМАТИЧНОГО ПІСТОЛЕТА. ЧАСТИНА 2. ЕКСПЕРИМЕНТ

І.П. Заневський, Ю.С. Коростильова, В.В. Михайлов

Львівський державний університет фізичної культури

Анотація. І.П. Заневський, Ю.С. Коростильова, В.В. Михайлов. Момент пострілу з пневматичного пістолета. Частина 2. Експеримент // Актуальні проблеми фізичної культури і спорту. – 2010. – № 17. – С. 22-29. У статті розглядається залежність між параметром «момент пострілу» та віртуальним результатом у тренуванні зі стрілецьким оптикоелектронним тренажером СКАТТ. Створено методику та проведено експериментальне дослідження з паралельною фіксацією координат положення точки прицілювання й центрів пробоїн на реальній мішені та віртуальній мішені СКАТТ. Розроблено модель внутрішньої балістики кульки й кількісно оцінено час руху кульки у стволі. Обґрунтовано експериментально-розрахунковий метод визначення параметрів імітації положення віртуальних пробоїн на оптикоелектронній мішені у заданому моменті пострілу.

Ключові слова: кульова стрільба, тренажер СКАТТ, внутрішня балістика кульки.

Постановка проблеми

Дослідження впливу параметра «момент пострілу» на віртуальний результат у тренуванні зі стрілецьким тренажером є актуальним завданням теорії і практики технічної підготовки у стрілецьких видах спорту. У першій частині цієї роботи наведено методику вимірювань та обчислення похибок імітації положення віртуальних пробоїн, яка ґрунтується на порівнянні статистичних параметрів розсіювання їхніх центрів та центрів пробоїн серії пострілів з нерухомо закріпленого пістолета і яка підтвердила свою доцільність і придатність для практики наукових досліджень у галузі стрілецького спорту, зокрема для визначення моменту пострілу в тренуванні з оптикоелектронною мішенню. Під час використання розробленої моделі внутрішньої балістики кульки встановлено, що час руху кульки у стволі перебуває в межах від 4/3 до 2-х цілих величини відношення довжини ствола до величини дульної швидкості кульки, причому в практично важливому діапазоні цієї величини ($1,43 \div 1,56$) відносна похибка визначення часу тривалості внутрішньої балістики кулі не перевищує 5%, що є цілком прийнятним для умов тренування з оптикоелектронним тренажером [1-3]. Аналіз останніх досліджень і публікацій наведено в першій частині публікації [3].

Метою цієї роботи є експериментальна верифікація математичної моделі залежності між параметром «момент пострілу» й віртуальним результатом у тренуванні зі стрілецьким тренажером.

Завдання дослідження: 1. Провести експериментальне дослідження з паралельною фіксацією координат положення точки прицілювання й центрів пробоїн на реальній мішені та віртуальній мішені СКАТТ. 2. Обґрунтувати експериментально-розрахунковий метод визначення параметрів імітації положення віртуальних пробоїн на оптикоелектронній мішені у заданому моменті пострілу.

Методика дослідження

ґрунтувалася на спеціально розробленому експериментально-вимірювальному комплексі для визначення координат пробоїн на мішені у порівнянні їх з координатами віртуальних пробоїн на електронній мішені [3]. Для опрацювання результатів вимірювань використано метод Шапіра-Уїлка; статистичні тести на основі t -критерію Стьюдента й F -критерію Снедекора; комп'ютерні програми Excel, Paint і Statistica.

Результати експериментального дослідження

Координати центрів пробоїн тренувальних пострілів кульками в стандартну мішень (x_P , y_P), координати центрів пробоїн пострілів з нерухомо закріпленого в лещатах пістолета (x_E , y_E) й дульну швидкість кульок (v_B) наведено в табл. 1.

Координати точок прицілювання, які вважали також координатами центрів віртуальних пробоїн (x_S , y_S), для восьми значень параметра «момент пострілу» наведено в додатку (табл. Д1 і Д2).

Координати центрів ваги віртуальних і реальних пробойн визначаємо виразами:

$$M_{Sx} = \frac{\sum x_{Si}}{n}, M_{Sy} = \frac{\sum y_{Si}}{n}, M_{Px} = \frac{\sum x_{Pi}}{n}, M_{Py} = \frac{\sum y_{Pi}}{n},$$

де $n = 10$ – кількість пострілів.

Величини координат середніх точок було використано як відповідні поправки “прицілу” системи СКАТТ і прицілу зброї, щоб позбутися систематичних похибок прицілювання.

Таблиця 1. Координати пробойн на мішені та дульна швидкість кульок з основними статистиками.

i	x_{Pi}, MM	y_{Pi}, MM	x_{Ei}, MM	y_{Ei}, MM	$v_{Bi}, \text{M/C}$
1	3,5	2,5	3,0	-5,0	161,9
2	-1,7	-8,3	2,0	-5,0	162,8
3	1,5	3,0	1,5	-6,0	161,8
4	-3,0	-2,0	2,5	-7,5	161,5
5	5,5	-2,5	3,0	-8,0	162,2
6	7,5	-3,5	2,5	-3,0	162,1
7	-9,0	2,5	2,5	-6,0	161,4
8	2,0	1,0	4,0	-5,0	163,1
9	10,0	2,0	3,5	-4,5	163,0
10	-3,0	-6,0	3,0	-5,0	162,4
M	1,3	-1,1	2,8	-5,5	162,2
SD	5,7	4,0	0,7	1,5	0,6

Примітка: M – середнє арифметичне; SD – середнє квадратичне відхилення.

«Пристрілка» оптоелектронної мішені виконується подібно до пристрілки зброї. За результатами пробного «пострілу» комп'ютерна програма тренажера переносить центр електронної мішені у центр цієї віртуальної пробойни. Зазвичай таку корекцію прицілу виконують за результатами серії пострілів за середньою точкою. Зрозуміло, що через вплив випадкових факторів середня точка залікової серії не обов'язково збігається з положенням центру коригованої мішені. Тому результати залікової серії були відкориговані нами вдруге, переміщенням центру мішені в середню точку цієї ж серії (рис. 1 а). Відкориговані таким способом координати визначали за такими формулами:

$$x_S^* = x_S - M_{Sx}; y_S^* = y_S - M_{Sy}; x_P^* = x_P - M_{Px}; y_P^* = y_P - M_{Py}.$$

Тоді проєкції відстаней між центрами реальних і віртуальних пробойн, які є кількісною мірою похибок імітації положення пробойн по горизонталі і по вертикалі, можна визначати такими виразами: $d_x = x_P^* - x_S^*$; $d_y = y_P^* - y_S^*$, а довжини відповідних відрізків, які являють

собою абсолютну величину похибки імітації положення пробойн – $d = \sqrt{d_x^2 + d_y^2}$ (рис. 1 б).

Координати центрів ваги пробойн для відстрілу кульок із закріпленої у станку зброї

$$\text{визначаємо виразами: } M_{Ex} = \frac{\sum x_{Ej}}{N}; M_{Ey} = \frac{\sum y_{Ej}}{N}, \text{ де } N = 10 \text{ – кількість пробойн. Ці}$$

координати також використовуємо як поправки систематичної похибки наведення зброї на центр

мішені: $x_E^* = x_E - M_{Ex}$; $y_E^* = y_E - M_{Ey}$. Відстань центра пробойни відкоригованого

центра мішені $r_E = \sqrt{(x_E^*)^2 + (y_E^*)^2}$ (рис. 1 в) є кількісною мірою випадкових похибок, зумовлених неоднорідністю кульок і порцій стиснутого повітря у серії пострілів.

За умови коректності моделі імітації положення віртуальних пробойн центри відповідних пар віртуальних і реальних пробойн мають статистично збігатися. Розсіяння положень віртуальних пробойн відносно загального центру має відповідати розсіянню центрів пробойн при відстрілі кульками. Відповідні статистичні гіпотези передбачають рівність дисперсій розсіань пробойн цих двох сукупностей по горизонталі та вертикалі, а також статистичну рівність середніх відстаней між парами пробойн і середньої відстані від центру мішені до центру пробойни у пострілах з

нерухомо закріпленого пістолета. Зважаючи на ці міркування, було сформульовано чотири статистичні гіпотези.

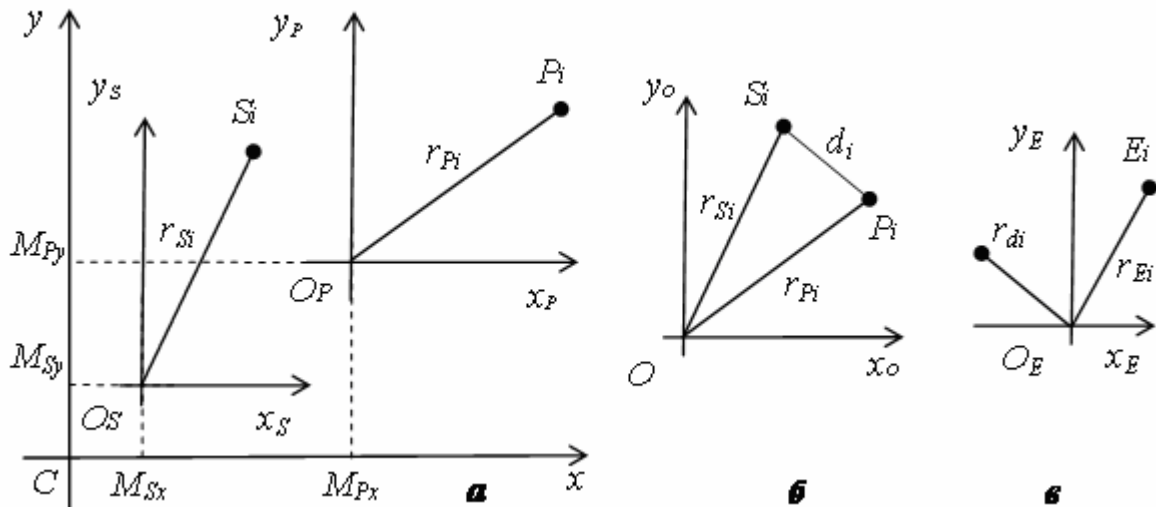


Рис. 1. Схема переміщення центра мішені в середню точку серії (а); схема проекції відстаней між центрами реальних і віртуальних пробієн (б); схема центрів ваги пробієн при відстрілі кульок із закріпленої зброї (в).

Нульова гіпотеза 1. Розсіяння відстаней між центрами віртуальних та реальних пробієн по горизонталі за елімінації систематичних похибок пристрілки зброї й оптоелектронної мішені дорівнює розсіянню по горизонталі центрів пробієн пострілів з нерухомої зброї ($\sigma_{dx}^2 = \sigma_{Ex}^2$).

Нульова гіпотеза 2. Розсіяння відстаней між центрами віртуальних та реальних пробієн по вертикалі за елімінації систематичних похибок пристрілки зброї й оптоелектронної мішені дорівнює розсіянню по вертикалі центрів пробієн пострілів з нерухомої зброї ($\sigma_{dy}^2 = \sigma_{Ey}^2$).

Нульова гіпотеза 3. Відстань між центрами віртуальних та реальних пробієн за елімінації систематичних похибок пристрілки зброї й оптоелектронної мішені дорівнює відстані центрів пробієн пострілів з нерухомої зброї від середньої точки ($\rho_d = \rho_E$).

Нульова гіпотеза 4. Розсіяння відстаней між центрами віртуальних та реальних пробієн за елімінації систематичних похибок пристрілки зброї й оптоелектронної мішені дорівнює розсіянню центрів пробієн пострілів з нерухомої зброї ($\sigma_{rd}^2 = \sigma_{rE}^2$).

Перша, друга і четверта гіпотези перевірялися з використанням F -критерію Снедекора, а третя – t -критерієм Стьюдента для зв'язаних сукупностей. Обчислення здійснено за програмами «Двовибірковий F -тест для дисперсій» і «Парний двовибірковий t -тест для середніх» з пакету статистичного аналізу MS Excel.

Імітація положення віртуальних пробієн на оптоелектронній мішені у заданому моменті пострілу. Оскільки момент пострілу встановлено в програмі SKATT з кроком 0,01 с, а обчислений нами момент пострілу складає 0,0023 с [3], визначимо переміщення точки прицілювання залежно від часу методом інтерполяції. Застосуємо поліноміальну функцію для отримання такої апроксимації. Координати точок траєкторії прийнято для нульового значення коефіцієнта латеральної складової руху кульки, тобто саме для траєкторії точки прицілювання (т. S , див. рис. 1), а не для прогнозних точок, положення яких обчислюються комп'ютерною програмою, що симулює латеральну складову руху кулі. Оскільки гравітаційна складова руху кульки у прицілюванні в межах мішені є величиною сталою (в межах точності фіксації пробієни 0,1 мм), враховуємо її під час тарювання точки прицілювання в центр мішені [1].

Проведемо апроксимацію координат центрів віртуальних пробієн гіпотетичними функціями у

формі поліномів: $x(t) = \sum_{j=0}^m b_{xj} t^j$ $y(t) = \sum_{j=0}^m b_{yj} t^j$ Наприклад, для $m = 2$ маємо

квадратичну параболу, а для $m = 3$ – кубічну параболу. Відповідні апроксимаційні поліноми

першого, другого і третього порядку, а також числові результати для прогнозних координат на розрахунковий момент пострілу, що дорівнює 0,0023 с, наведено в табл. 2.

Апроксимація квадратичною параболою з середньою точкою, що розташована ближче до моменту пострілу (-0,01; 0; 0,01 с), дає кращі за точністю, яка прийнята за абсолютною величиною, результати апроксимації по горизонтальній та вертикальній координатах (відносні похибки складають відповідно 0,09 % і 0,14 %) порівняно з апроксимацією квадратичною параболою з середньою точкою, розміщеною в два рази далі від моменту пострілу (0; 0,01; 0,02; с), коли відповідні похибки складають -0,13 % і -0,20 %. Цілком прийнятні результати за точністю відносно апроксимації кубічною параболою має лінійна функція. Відносні похибки по горизонтальній та вертикальній координатах складають відповідно 0,24 % і -0,71 % (див. табл. 2), тому для обчислення координат центрів віртуальних пробіїв у граничні моменти часу, коли відбувається виліт кульки з дула у заданому моменті спрацювання спускового механізму ($t = 0$), використано саме лінійну функцію.

Таблиця 2. Апроксимація координат прогнозних точок на електронній мішені.

t , 0,01с	Координати, мм				Відносні похибки апроксимації	
	горизонтальна		вертикальна			
	$x(t)$	$x(.23)$	$y(t)$	$y(.23)$	$\delta x, \%$	$\delta y, \%$
0;1	$-1,538t+7,077$	6,72	$-0,802t+5,612$	5,43	0,24	-0,71
-1;0;1	$0,058t^2-1,596t+7,077$	6,71	$-0,263t^2-0,539t+5,612$	5,47	0,09	0,14
0;1;2	$0,141t^2-1,679t+7,077$	6,70	$-0,156t^2-0,645t+5,612$	5,45	-0,13	-0,20
- 1;0;1;2	$0,0277t^3+0,058t^2-1,6237t+7,077$	6,71	$0,0355t^3-0,263t^2-0,5745t+5,612$	5,47	0	0

Параметри імітації положення центрів віртуальних пробіїв на електронній мішені відносно реальних пробіїв у лінійному законі зменшення прискорення кульки у стволі, а також кориговані параметри відстані центрів пробіїв пострілів з нерухомо закріпленого пістолета наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Параметри імітації положення центрів віртуальних пробіїв відносно реальних пробіїв при лінійному законі зменшення прискорення кульки у стволі.

i	$x_S^* - x_P^*$	$y_S^* - y_P^*$	r_d^*	r_E^*
1	4,55	1,80	4,89	0,56
2	1,68	-0,93	1,92	0,90
3	-9,40	-6,90	11,66	1,35
4	0,00	4,78	4,78	2,02
5	-1,32	1,10	1,72	2,51
6	0,87	-2,51	2,66	2,51
7	1,96	3,19	3,75	0,56
8	6,96	2,79	7,50	1,35
9	-4,57	-0,96	4,67	1,25
10	-0,72	-2,38	2,49	0,56

Оскільки вибіркові сукупності є малими за обсягом (10 пострілів), для коректного застосування параметричних методів математичної статистики під час аналізу результатів стрільби слід переконатися у нормальному характері розподілу в генеральних сукупностях, з яких походять досліджувані вибірки. З уваги на це нами проведено відповідну перевірку методом Шапіра-Уїлка, який рекомендують застосовувати за обсягів сукупностей, що не менші від десяти. За нульовою статистичною гіпотезою припускалося існування нормального закону розподілу. Значення критерію Шапіра-Уїлка виявилися в межах від 0,870 до 0,968 за рівнів істотності від 0,101 до 0,867 (табл. 4). Це дало нам підстави прийняти нульову гіпотезу про нормальний закон розподілу параметрів у всіх одинадцяти сукупностях. Обчислення здійснено з використанням програми Statistica.

Результати статистичного опрацювання параметрів імітації положення центрів віртуальних пробіїв на електронній мішені у лінійному законі зменшення прискорення кульки у стволі дають змогу нам з великою вірогідністю відхилити нульові статистичні гіпотези стосовно подібності законів розсіювання віртуальних і реальних пробіїв ($\alpha < 0,02$).

Щоб отримати вичерпну відповідь стосовно зазначених гіпотез на всьому теоретично можливому діапазоні параметрів внутрішньої балістики кульки, було проведено

обчислювальний експеримент для граничних моментів часу ($t_{min} = 2,06$ мс; $t_{max} = 3,08$ мс), коли можливий виліт кульки з дула. Отримані таким чином межі рівнів істотності (див. примітки до табл. 4), на яких відхиляються нульові гіпотези, підтверджують попередній висновок про статистично вірогідну різницю законів розсіяння віртуальних і реальних пробойн.

Таблиця 4. Результати статистичного опрацювання параметрів імітації положення центрів віртуальних пробойн.

Параметри	$x_S^* - x_P^*$	x_E^*	$y_S^* - y_P^*$	y_E^*	r_d	r_E
Шапіра-Уїлка	0,957	0,968	0,958	0,925	0,876	0,870
\square	0,756	0,876	0,760	0,402	0,116	0,101
M	0	0	0	0	4,60	1,36
SD	4,57	0,72	3,44	1,45	3,03	0,76
F -Снедекора	40,68		5,61		15,83	
t -Стьюдента					3,28	
$\alpha(F)$	<0,000001		0,017*		0,000338 ^а	
$\alpha(t)$					0,00826 ⁺	

Примітка: $F(0,05,9,9)=3,18$; $t(0,05;18)=2,1$; $^*\alpha(F) = 0,0167 \div 0,0180$; $^a\alpha(F) = 0,000332 \div 0,000357$ – розмах значень рівня істотності за розподілом Фішера-Снедекора; $^+\alpha(t) = 0,00818 \div 0,00850$ – розмах значень рівня істотності за розподілом Стьюдента.

Оскільки результати імітації положення віртуальних пробойн у нульовому значенні моменту пострілу не відповідають реальності, виникає сумнів стосовно відповідності цієї величини часу спрацювання вібраційного давача на сигнал спускового механізму. Якщо припустити, що давач спрацює раніше або є більш імовірним, пізніше моменту вильоту кульки з дула, то перевірені вище нульові статистичні гіпотези стосовно законів розсіяння віртуальних і реальних пробойн могли бути б прийняті на відповідному рівні істотності..

Результати відповідного обчислювального експерименту для значень параметра «момент пострілу» від $-0,01$ с до $0,06$ с з кроком $0,01$ с продемонстровано графіками (рис. 2, 3). Найменші розбіжності у розсіянні положень центрів пробойн по горизонталі зафіксовано у значенні моменту пострілу $0,02$ с, а по вертикалі – $0,04$ с, причому величина рівня істотності ($\alpha = 0,231$) дала змогу прийняти відповідну нульову гіпотезу (див. рис. 2).

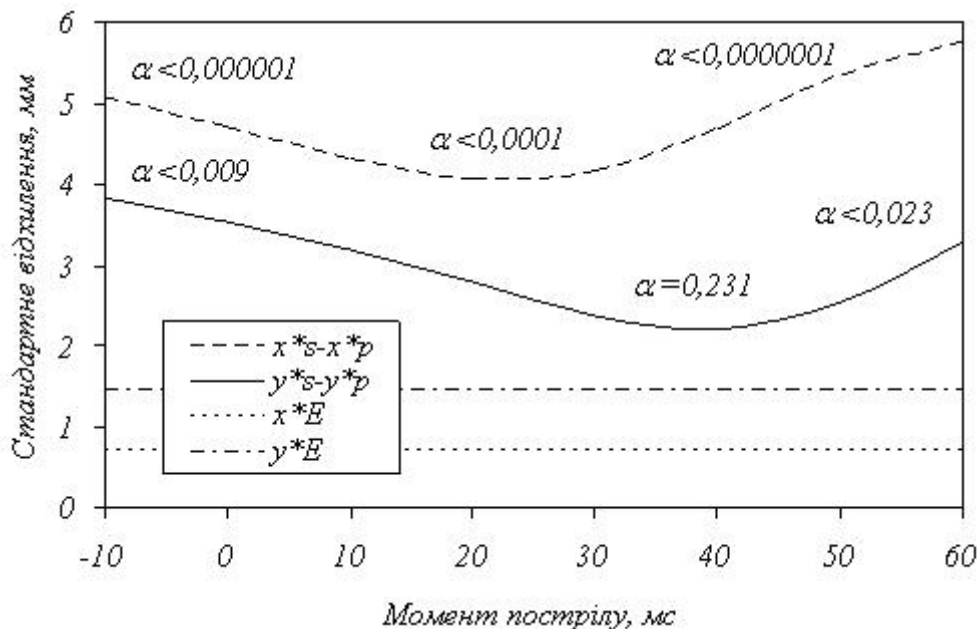


Рис. 2. Порівняльна кількісна характеристика розсіяння координат центрів віртуальних і реальних пробойн залікової серії пострілів і координат центру пробойн серії пострілів нерухомо закріпленим пістолетом.

Найменша розбіжність у розсіянні відстаней центрів пробойн від коригованого центра мішені зафіксовано у значенні моменту пострілу $0,03$ с, однак відповідна величина рівня істотності ($\square\square = 0,021$) не є досить високою, щоб можна було прийняти відповідну нульову гіпотезу (див. рис. 3). За цієї ситуації немає сенсу аналізувати розбіжності у варіаціях цих відстаней..

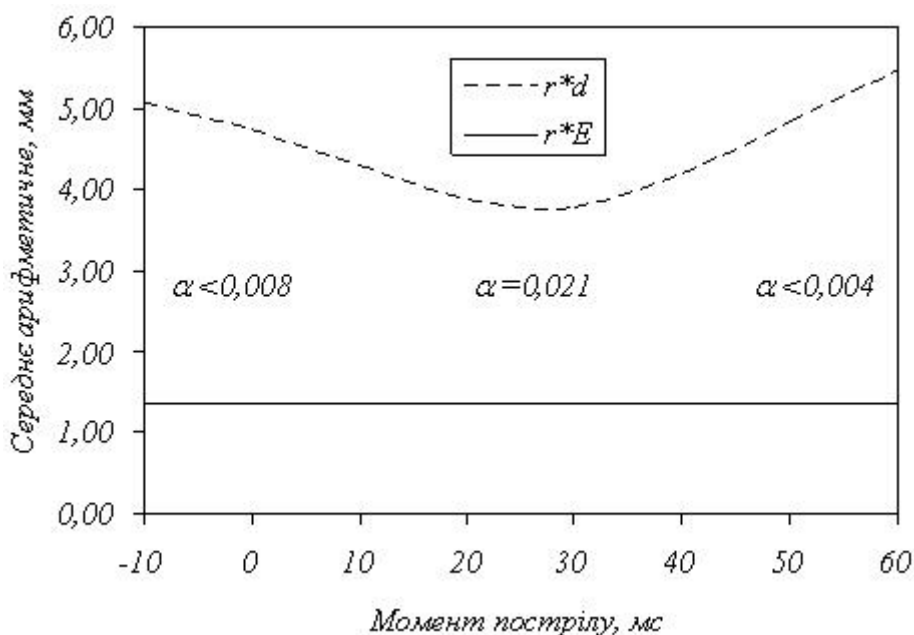


Рис. 3. Порівняльна кількісна характеристика відстані між центрами віртуальних і реальних пробієн залікової серії пострілів з відстанню центру пробієн серії пострілів нерухомо закріпленим пістолетом.

У налаштуваннях системи СКАТТ передбачено можливість прогнозу зміни положення пробієни у зміщенні моменту пострілу в часі. Встановлюючи від'ємне значення параметра "Shot moment", отримуємо прогноз для випадку, ніби спуск курка відбувся на заданий відтинок часу раніше, а відповідне додатне значення – ніби спуск курка відбувся пізніше. Ступінь вірогідності такого прогнозу потребує з'ясування, оскільки його алгоритм не враховує впливу процесу спуску курка на рух зброї. Цей процес швидкоплинний, але не миттєвий. За час від початку натискання на курок до вильоту кулі зі ствола зброю певною мірою залежно від кваліфікації стрільця змінює характер руху. В ідеальному випадку, коли спуск не позначається на русі зброї, такий прогноз мав би бути вірогідним. Однак насправді уникнути зміни руху зброї під час спуску курка неможливо. Не виключено, що тут наявні й пропріорецепторні рухи, тобто зміни в кінематичному ланцюзі перед початком спуску курка.

Загалом похибка імітації положення пробієни за відстанню центра пробієни до центра мішені дорівнює $|r_S - r_P|$, а за довжиною відрізка між центрами віртуальної та реальної пробієн перебувають у межах: $|r_S - r_P| \leq d \leq r_S + r_P$ (див. рис. 1). Отже, перший критерій є окремим випадком другого й може призводити до хибних висновків щодо валідності методу імітації [1]. Тому для здійснення повного порівняльного аналізу положення реальних та віртуальних пробієн було сформульовано статистичні гіпотези стосовно розсіювання координат центрів пробієн, а також стосовно відстаней між центрами реальних та віртуальних пробієн, які з поданої точки зору є більш інформативні, ніж гіпотеза щодо відстані центрів пробієн від середньої точки серії 10-ти пострілів.

Висновки

1. Експериментально-розрахунковий метод визначення параметрів імітації положення віртуальних пробієн на оптоелектронній мішені у заданому моменті пострілу, що ґрунтується на лінійній інтерполяції, довів свою доцільність і практичну придатність, дозволивши обчислювати координати центрів пробієн з відносною похибкою в межах 1%.

2. Статистичне опрацювання параметрів розсіювання віртуальних і реальних пробієн у стрільбі з пневматичного пістолета за правилами виконання вправи ПП-2 і ПП-3 доцільно виконувати методами параметричної статистики, оскільки розподіл центрів пробієн підкоряється нормальному закону розподілу (за величин рівня істотності від 0,101 до 0,867).

3. Результати статистичного опрацювання параметрів імітації положення центрів віртуальних пробієн на електронній мішені у лінійному законі зменшення прискорення кульки у стволі дають змогу з великою мірою вірогідності ($\alpha < 0,03$) відхилити нульові статистичні гіпотези щодо подібності законів розсіювання віртуальних і реальних пробієн, що ставить під сумнів коректність моделі, прийнятої в стрілецькому тренажері СКАТТ.

Перспективи подальших досліджень визначаються основним висновком про принципову невідповідність імітаційної моделі СКАТТ стосовно визначення положення центрів віртуальних

пробоїн на електронній мішені. Для визначення поперечної швидкості дула треба мати дві скалярні компоненти її вектора, наприклад, проекції на горизонтальну і вертикальну осі поперечної площини. Величину кожної з компонент своєю чергою визначаємо парою незалежних скалярних величин, що характеризують кінематику ствола у відповідній площині. Наприклад, для визначення горизонтальної компоненти швидкості треба мати або горизонтальні складові швидкостей двох точок ствола у проекції на поперечну площину, або одну таку складову й кутову швидкість ствола у горизонтальній площині. Ці два випадки можна звести до одного, який передбачає координату миттєвого центра обертання ствола й відповідну кутову швидкість ствола. Те саме стосується вертикальної складової поперечної швидкості дула. Таким чином, для визначення поперечної складової швидкості руху дула необхідно отримати чотири скалярні величини швидкостей ствола у проекції на поперечну площину. Для вирішення цієї проблеми треба, по-перше, розробити математичну модель латеральної складової дульної швидкості кульки з урахуванням просторового руху ствола зброї. По-друге, на основі такої моделі можна буде спроектувати принципову схему інструментальної реалізації системи імітації латеральної складової руху кульки [1].

Подяка. Автори висловлюють щире подяку представникові компанії ЗАО NPP SCATT п. Олександру Куделіну за фахові консультації щодо функцій тренувальної системи СКАТТ.

Додатки

Таблиця Д1. Горизонтальні координати центрів віртуальних пробієн серії 10-ти пострілів (x_s , мм) при різних значеннях параметра «момент пострілу» (t)

$i \setminus t, \text{мс}$	-10	0	10	20	30	40	50	60
1	3,85	1,79	-0,37	-2,80	-5,50	-7,50	-7,60	-6,14
2	-7,45	-6,81	-6,68	-7,50	-9,46	-11,51	-12,05	-11,09
3	-13,83	-14,58	-14,94	-15,48	-16,60	-17,42	-16,59	-14,34
4	-9,09	-9,56	-10,42	-11,88	-13,52	-13,99	-12,74	-11,20
5	-2,99	-2,65	-2,36	-2,61	-2,99	-2,52	-1,42	-1,16
6	2,17	1,79	1,01	-0,38	-2,36	-3,85	-3,76	-2,78
7	-14,83	-14,02	-13,08	-12,54	-12,35	-11,43	-9,17	-6,67
8	4,03	2,65	0,69	-1,93	-4,33	-4,79	-2,91	-0,33
9	-1,75	-1,35	-1,28	-2,08	-3,57	-4,57	-4,59	-4,83
10	-8,92	-10,13	-11,66	-13,63	-16,17	-18,40	-18,98	-18,05

Таблиця Д2. Вертикальні координати центрів віртуальних пробієн серії 10-ти пострілів (y_s , мм) при різних значеннях параметра «момент пострілу» (t)

$i \setminus t, \text{мс}$	-10	0	10	20	30	40	50	60
1	9,72	8,88	7,62	6,25	5,11	4,42	4,11	3,85
2	-4,98	-4,95	-4,88	-4,76	-4,64	-4,69	-5,10	-6,10
3	0,69	0,39	0,41	0,92	1,80	2,72	3,21	2,94
4	7,55	7,14	6,86	6,66	6,32	5,77	5,06	4,36
5	4,31	3,07	2,30	2,11	2,44	3,05	3,60	3,86
6	-1,52	-1,80	-1,44	-0,60	0,51	1,79	3,10	4,12
7	9,30	10,02	9,87	8,89	7,21	5,01	2,56	0,34
8	11,13	8,60	6,38	4,89	4,38	4,88	6,12	7,83
9	5,41	5,36	5,25	5,19	5,28	5,62	6,03	6,24
10	-3,29	-4,03	-4,27	-4,00	-3,49	-3,13	-3,19	-3,83

Література

1. Заневський І.П. Неспецифічність тренування з оптоелектронною мішенню в стрільбі з пневматичного пістолета / Заневський І.П., Коростильова Ю.С., Михайлов В.В. // Спортивна наука України. – 2009. – № 3. – С. 25-45. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sportscience.org.ua/index.php/Arhiv.html>. 11
2. Заневський І.П. Імітація латеральної складової польоту кулі на оптоелектронному стрілецькому тренажері / Заневський І.П., Коростильова Ю.С., Михайлов В.В. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – 2009. – № 11. – С. 40-50.

3. *Заневський І.П.* Момент пострілу з пневматичного пістолета. Частина 1. Теоретична модель / *Заневський І.П., Коростильова Ю.С., Михайлов В.В.* // Актуальні проблеми фізичної культури і спорту. – 2009. – №16. – С. 28-33.

Abstract. *I.P. Zanevskyy, Yu.S. Korostylova, V.V. Mykhaylov.* Shot moment of the air pistol. Part 2. Experiment // Contemporary problems of physical culture and sports. – 2010. – №17. – P.22-29. The article considers of the relationships between a 'shot moment' parameter and a virtual result in the SCATT optoelectronic shooting simulator training. Special technique is proposed and the experimental investigation with the parallel fixation of sighting point coordinates location and the hole centres on a real target and a SCATT virtual target has been conducted. The model of pellet internal ballistics in a barrel is developed. The experimentally calculated method that defines the parameters of virtual holes location imitation on the optoelectronic target at the specific shot moment is substantiated.

Key words: shooting, SCATT simulator, pellet internal ballistics.

Аннотация. *И.Ф. Заневский, Ю.С. Коростылева, В.В. Михайлов.* Момент выстрела из пневматического пистолета. Часть 2. Эксперимент // Актуальные проблемы физической культуры и спорта. – 2010. – № 17. – С. 22-29. В статье рассматривается зависимость между параметром «момент выстрела» и виртуальным результатом в тренировке со стрелковым оптоэлектронным тренажером СКАТТ. Создано методику и проведено экспериментальное исследование с параллельной фиксацией координат положения точки прицеливания и центров пробоин на реальной мишени и виртуальной мишени СКАТТ. Разработано модель внутренней баллистики пульки в стволе. Обосновано экспериментально-расчетный метод определения параметров имитации положения виртуальных пробоин на оптоэлектронной мишени при заданном моменте выстрела.

Ключевые слова: пулевая стрельба, тренажер СКАТТ, внутренняя баллистика пульки.

Статтю отримано до публікації: лютий 2010.

Статтю прийнято до публікації: квітень 2010.